



# Le diagnostic hydrique en culture cannière et la gestion du risque climatique en Côte d'Ivoire

## Introduction

Dans les conditions climatiques de la Côte d'Ivoire, l'irrigation de la canne à sucre devrait permettre la maîtrise de l'eau, facteur déterminant du rendement de la canne (BARAN, 1973 ; LANGELLIER, 1980, 1984 ; PENE *et al.*, 1997 ; PENE, 1999). En pratique, elle remplit mal son rôle sur les complexes sucriers. Depuis environ une dizaine d'années<sup>(1)</sup>, la capacité des réseaux d'irrigation dans les périmètres sucriers s'avère limitée, même en année pluviométrique normale. Le vieillissement du matériel, le coût élevé de l'énergie électrique nécessaire au pompage de l'eau en inter-campagne (lorsqu'il n'y a pas de bagasse) et parfois la limitation de la ressource en eau, (notamment sur les complexes sucriers de Zuénoula, Borotou-Koro et en partie Ferké 1), sont en cause. Les rendements en canne sont encore inférieurs à 80 t/ha alors que le potentiel de production est estimé à 120 t/ha dans les conditions pédoclimatiques du pays. Une marge importante de progrès est sans doute envisageable grâce à

l'amélioration des systèmes de distribution de l'eau et à l'optimisation de sa gestion au niveau du parcellaire.

## Etude préliminaire du bilan hydrique

Pour mieux connaître la relation entre irrigation et rendement, des études de rationnement hydrique ont été conduites, aussi bien en station de recherche qu'en parcelle industrielle (QUIDEAU et PENE, 1991 ; PENE, 1994 ; PENE *et al.*, 1997). Mais les contraintes de l'exploitation industrielle ne permettent pas toujours l'ajustement des arrosages en fonction du stade de développement de la canne. Ainsi, a été proposé le diagnostic de l'alimentation hydrique de la culture en rapport avec l'évolution interannuelle des rendements parcellaires et l'utilisation de cet outil pour faciliter le transfert des acquis de la recherche vers l'exploitation. Une étude préliminaire conduite à Ferké 2 et Zuénoula sur deux campagnes agricoles a montré que les rendements variaient en fonction de la pluie reçue par chaque parcelle, notamment au cours de la période critique qui va de mars à juillet (PENE et TUO, 1996 a et b ; PENE, 1997).

C. B. PENE

Centre national de recherches agronomiques,  
programme canne à sucre  
BP 121, Ferkessédougou, Côte d'Ivoire  
cnrasf@africaonline.co.ci

### Remerciements :

L'auteur remercie K. TUO et E. KABRAN, responsables de la Division des études agronomiques de Ferké 2 et de Zuénoula de la Sodésucre, pour leur contribution à cette étude. Ces remerciements s'adressent aussi aux directeurs des plantations.

(1) La période couverte par l'étude est antérieure à la privatisation des complexes sucriers.

# Matériels et méthodes

## Les sites

Le complexe de Ferké 2 est situé près de Ferkessédougou, à une soixantaine de kilomètres en direction sud-ouest. Il comprend essentiellement des sols ferrallitiques remaniés, fortement à moyennement désaturés. Très hétérogènes dans l'espace, ces sols sont caractérisés par une forte tendance à l'induration, et une grande sensibilité au compactage (LANGELLIER, 1976 ; MEL, 1991). Le complexe de Zuénoula est situé à 25 kilomètres au nord de Zuénoula. Les sols sont également ferrallitiques, fortement à moyennement désaturés. Leur aptitude agricole est bonne à moyenne.

## La simulation du bilan hydrique à la parcelle

Pour établir le diagnostic, le critère utilisé est l'indice de satisfaction hydrique ( $E_{tr} / E_{tm}$ ) de la culture durant les périodes critiques. Cet indice est obtenu à l'aide d'un modèle de bilan hydrique (Bipode) validé sur de nombreuses cultures dont la canne, en Afrique de l'Ouest, et exploité dans les périmètres

sucriers ivoiriens comme outil d'aide à la décision pour le pilotage de l'irrigation (BELMANS *et al.*, 1983 ; FOREST et LIDON, 1985 ; LANGELLIER, 1982). Ce modèle repose sur la résolution de l'équation simplifiée du bilan de l'eau dans le sol :

$$P + I - (E_{tr} + D + R) = \Delta S$$

Le calcul est effectué selon un pas de temps journalier, les différents termes sont exprimés en mm avec :

- P, pluie enregistrée au poste pluviométrique le plus proche de la parcelle concernée (21 et 19 postes sont répartis sur les périmètres de Ferké 2 et Zuénoula) ;
- I, dose d'irrigation apportée ;
- $E_{tr}$ , évapotranspiration réelle, calculée selon la fonction d'Eagleman (1971), adoptée par FRANQUIN et FOREST (1977). Cette fonction dépend de la demande évaporative ( $E_{tm}$ ) et du taux d'humidité disponible dans le sol. Pour évaluer l' $E_{tm}$ , les valeurs du coefficient cultural utilisées sont celles publiées par la Fao (DOORENBOS et KASSAM, 1986), soit : 0,5 au tallage (6 décades) puis 0,8 au début de la phase de grande croissance (4 décades) puis 1,0 pendant le reste de la grande croissance (18 décades) et enfin 0,8 à partir de la floraison jusqu'au sevrage (3 décades) ;
- R, ruissellement de surface sous culture, supposé négligeable compte tenu du travail du sol (labour,

passage de chisel) et du mode de plantation à plat ou en courbes de niveau ;

–  $\Delta S$ , variation du stock hydrique du sol ;

– D, drainage, déterminé par différence lorsque le stock hydrique dépasse la réserve utile (RU) du sol. La valeur de RU utilisée dans le calcul du bilan hydrique de chacune des parcelles échantillonnées est 80 mm pour une profondeur d'enracinement efficace de 60 cm (PENE, 1994).

L'expérience montre que la période de mars à juillet est très critique pour l'élaboration du rendement, la demande en eau étant très élevée pour les cannes de « début » de campagne, et l'alimentation en eau étant irrégulière avant les pluies. Les cultures de début et de fin de campagne de récolte (« milieu-fin ») ont été échantillonnées en milieu réel (figure 1). Les premières ont comme phase critique la phase de grande croissance, tandis que les secondes ont deux phases critiques : la grande croissance et la prématuration.

L'échantillonnage des parcelles couvre environ 30 % des superficies sous canne au sein de chaque périmètre (tableau 1). A chaque campagne agricole, l'indice de satisfaction hydrique ( $E_{tr}/E_{tm}$ ) relatif aux phases critiques est corrélé avec le rendement en canne. A Ferké 2, l'étude couvre les campagnes 1991-1992 à 1995-1996, tandis qu'à Zuénoula, elle en couvre trois, de 1995-1996 à 1997-1998.

## Les systèmes d'irrigation

Les apports d'eau ont été réalisés suivant trois variantes du système d'irrigation par aspersion (à l'aide de groupes électropompes) :

- des petits asperseurs classiques en couverture totale (à déplacements manuels) ;
- des canons-enrouleurs (semi-automatiques) ;
- des rampes pivotantes (automatiques).

## Le climat

Le climat de la région de Ferkessédougou est du type tropical sub-humide ou sub-soudanien de transition, entre le type équatorial et le type désertique chaud (GUILLAUMET et ADJANOHOUN, 1971). Il présente deux saisons : l'une pluvieuse, s'étend de mars à octobre (soit 8 mois) et l'autre sèche, de novembre à février (soit 4 mois). Entre décembre et février souffle l'harmattan, un vent chaud et sec d'origine saharienne. Le régime pluviométrique est monomodal.

Dans la région de Zuénoula, on rencontre un climat de transition entre deux types différents (AVENARD *et al.*, 1974) : l'un équatorial à deux saisons pluvieuses, comme dans la région de Daloa, frontalière de celle de Zuénoula, et caractéristique de la zone forestière au sud de la Côte d'Ivoire ; l'autre, sub-équatorial, avec disparition de la petite saison sèche (une saison pluvieuse) comme dans la région de Mankono située au Nord de celle de Zuénoula. Sur le plan pluviométrique, ce climat se distingue par une extrême variabilité interannuelle. De façon générale, on distingue une saison sèche qui s'étend de novembre à février (soit 4 mois) et une saison humide, de mars à octobre (soit 8 mois), avec une intersaison peu pluvieuse de mi-juillet à mi-août (régime bimodal).



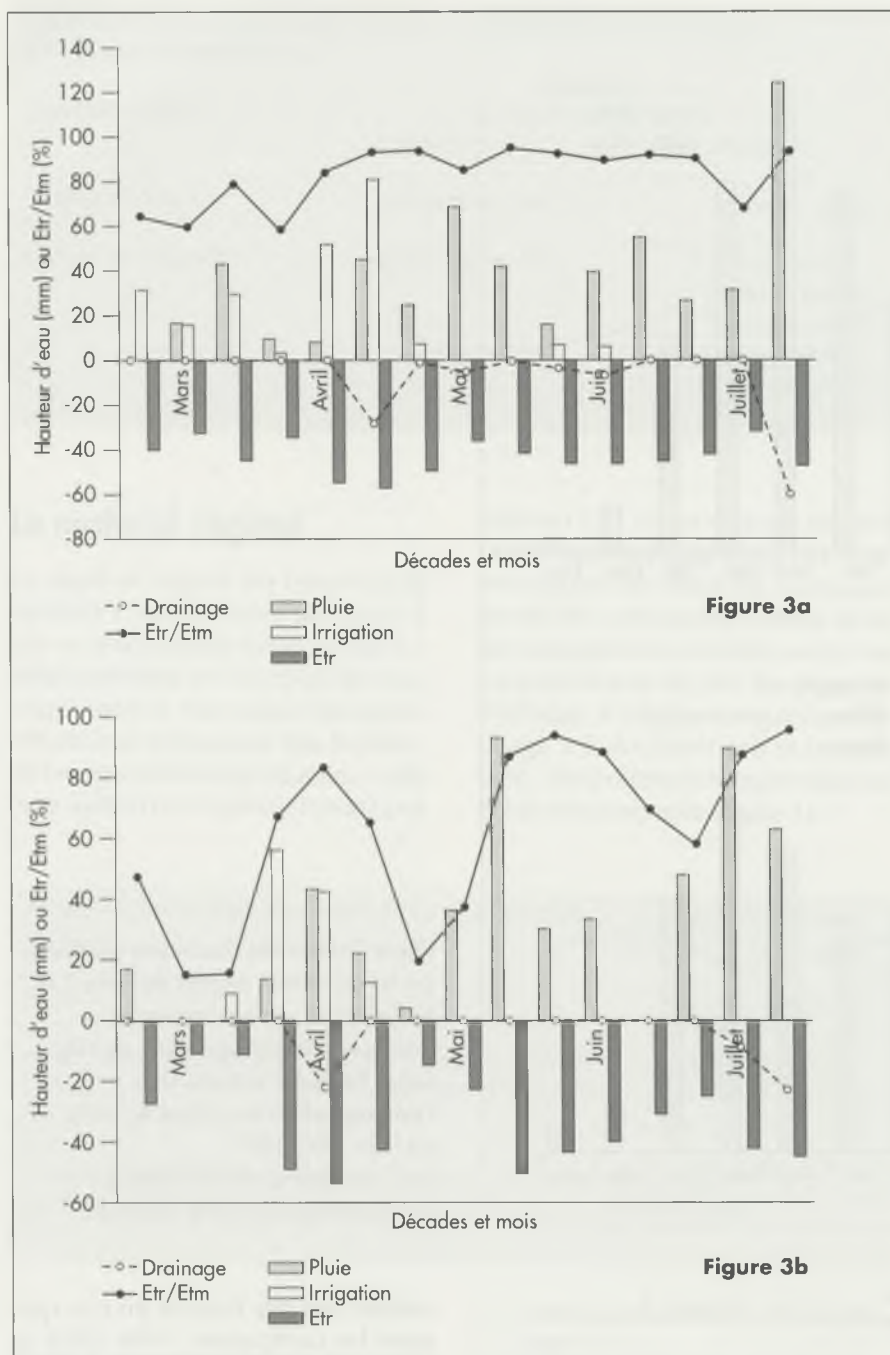


Figure 3. Bilan hydrique simulé d'une parcelle de début de campagne au cours de la période critique à Ferké 2 en 1991-1992, 1<sup>ère</sup> repousse et en 1992-1993, 2<sup>e</sup> repousse. L'alimentation hydrique de la culture a été plus régulière en 1991-1992 que pour de la campagne suivante 1992-1993, au cours de laquelle les déficits hydriques assez sévères n'ont pu être comblés par l'irrigation.

Figure 3a. Parcelle étudiée en 1991-1992, 62,6 t de cannes/ha et 83,5 % Etr/Etm moyen en période critique.

Figure 3b. Parcelle de 1992-1993, 42,0 t de cannes/ha et 57 % Etr/Etm.

hydrique dans l'évolution interannuelle des rendements (figure 5). En effet, chaque fois que le rapport Etr/Etm moyen varie d'une année à l'autre, il en est de même pour le rendement moyen. Les variations se succèdent dans un sens ou dans un autre.

## Conclusion

Le diagnostic hydrique (donc un indice calculé et suivi tout au long de la culture) de la culture cannière est un outil de contrôle permanent du niveau de satisfaction hydrique des parcelles industrielles qui permet d'apprécier tant quantitativement (hauteur par rapport au déficit hydrique) que qualitativement (répartition sur la période critique) l'irrigation apportée et la pluviométrie enregistrée. L'eau étant un facteur pouvant significativement augmenter la production des périmètres sucriers, l'utilisation raisonnée de cet outil devrait permettre d'expliquer l'évolution des rendements et contribuer à leur estimation.

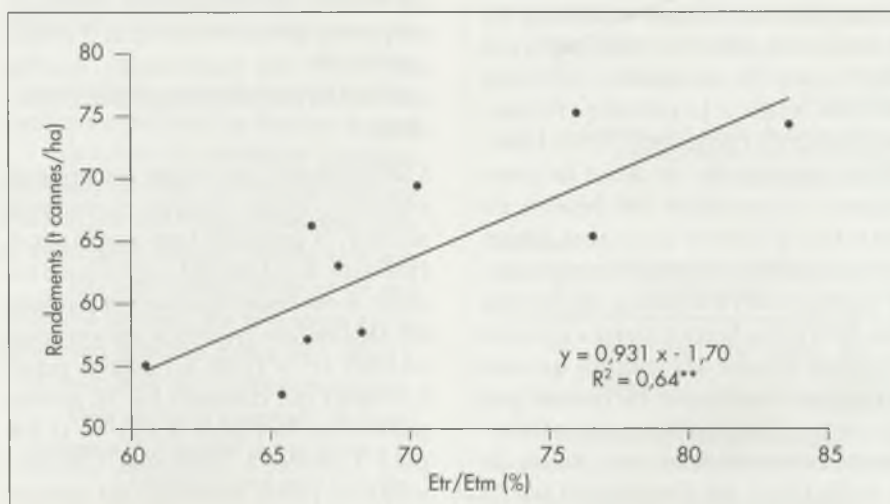
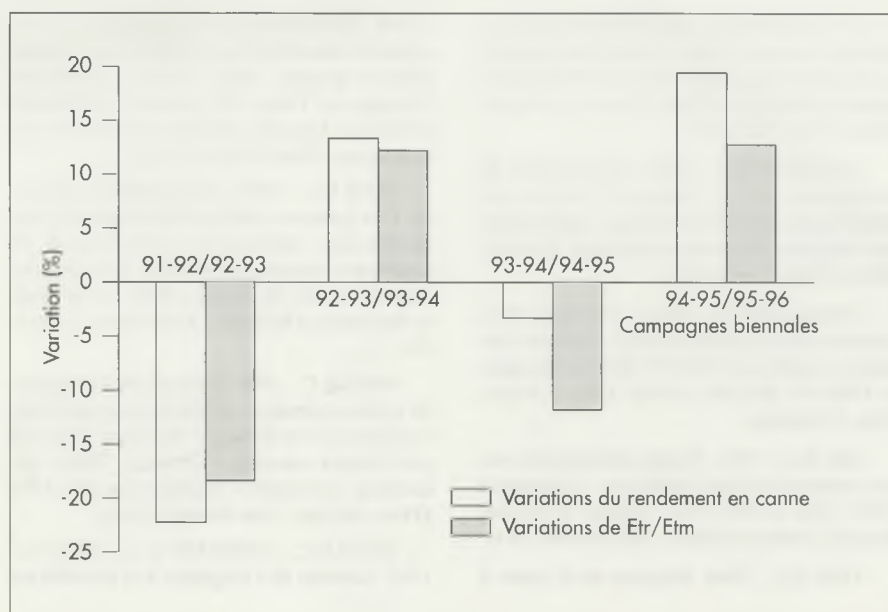


Figure 4. Evolution des rendements moyens en canne en fonction de l'alimentation hydrique des parcelles ( $r^2 = 0,64$ , corrélation très hautement significative) sur plusieurs campagnes agricoles de 1991-1992 à 1995-1996.

Figure 5. Variations des rendements en canne à sucre et de l'indice moyen de satisfaction hydrique (Etr/Etm) pour les différentes campagnes de 1991-1992 à 1995-1996.

En 1991-1992, la valeur moyenne du rendement est 74,2 t de canne par ha et la valeur de Etr/Etm est 83,7 %.



La dépendance encore forte des rendements moyens en canne vis-à-vis de la pluviométrie, justifie un réajustement de la politique de l'irrigation. L'effort d'arrosage doit porter sur la période de mars à juillet où le risque climatique est important, quel que soit le type de canne (« début » ou « milieu-fin » de campagne), sans négliger pour autant la phase de pré-maturation pour les cannes de milieu-fin. L'absence d'irrigation avant la coupe durant cette phase, qui correspond à la saison sèche, provoque une chute importante du rendement et des qualités technologiques de la canne à sucre.

## Les perspectives de recherche

### Caractérisation du climat et évaluation de son incidence agronomique

L'objectif est de fiabiliser l'acquisition des données agroclimatiques afin :

- de cerner les tendances pluviométriques par l'analyse fréquentielle ;
- de systématiser l'utilisation de l'ETP selon Penmann-Monteith dans

l'évaluation des besoins en eau d'irrigation, en remplacement de l'évaporation du bac classe A ;

- évaluer l'influence du climat sur les rendements et les qualités technologiques de la canne à sucre.

L'acquisition d'une station agroclimatique automatique au sein de chaque site devrait contribuer à assurer la fiabilité recherchée et permettre une utilisation en temps réel des données : pilotage de l'irrigation, diagnostic hydrique des parcelles, suivi thermique en rapport avec la croissance et la maturation des cannes, etc.

### Evaluation du coût de l'eau utilisée

L'objectif de cette étude est de déterminer le prix de revient du mètre cube d'eau pompée, qui est fonction du système d'arrosage, du stade de la culture et de la source d'énergie, afin d'optimiser le choix des équipements et la conduite des irrigations. Si le prix du sucre ne varie pas, un calcul économique utilisant l'efficacité de l'irrigation (quantité de canne produite par mètre cube d'eau, ou mieux quantité de sucre produite par mètre cube d'eau) permettrait de déterminer la limite de rentabilité de l'irrigation.

## Bibliographie

AVENARD J.-M., BONVALLOT J., LATHAM M., RENARD-DUGERDIL M., RICHARD J., 1974. Aspects du contact forêt-savane dans le Centre et l'Ouest de la Côte d'Ivoire. Trav & Doc. de l'Orstom n° 35. Paris, Orstom, France, 254 p.

BARAN R., 1973. étude de l'irrigation de la canne à sucre en Côte d'Ivoire. L'Agron. Trop. 28 (1) : 34-53.

BELMANS C., WESSELING J., FEDDES R.A., 1983. Simulation of model of the water balance of a cropped soil: SWATRE. J. Hydrol. 63 : 271-286.

DOORENBOS J., KASSAM A.H., 1986. Yield response to water. FAO Irrigation and Drainage Paper, 33. Rome, Italie, 193 p.

EAGLEMAN J.R., 1971. An experimentally derived model for actual evapotranspiration. Agric. Meteorol. 8 : 385-394.

FOREST F., LIDON B., 1985. Simulation du bilan hydrique pour l'exploitation du rendement et l'appui aux producteurs. In Actes du colloque international sur la résistance à la sécheresse en zone intertropicale, Dakar, Sénégal, 24-27 septembre 1984, p. 55-65. Cirad, Isra, Dakar, Sénégal.

FRANQUIN P., FOREST F., 1977. Des programmes pour l'évaluation et l'analyse fréquentielle des termes du bilan hydrique. L'Agron. Trop. 32 (1) : 7-11.

GUILLAUMET J.-L., ADJANOHOON E., 1971. La végétation. In Le milieu naturel de la Côte d'Ivoire. Mém. Orstom n° 50. Paris, France, Orstom, p. 157-263.

LANGELLIER P., 1976. Etude des sols du complexe sucrier de la Sodésucre à Ferkessédougou. Ferkessédougou, Irat, Côte d'Ivoire, 37 p.





LANGELLIER P., 1980. Détermination du régime hydrique d'une culture de canne à sucre de milieu, en période de maturation, dans le Nord de la Côte d'Ivoire. *L'Agron. Trop.* 35 (3) : 232-239.

LANGELLIER P., 1982. Optimisation de l'irrigation de la canne à sucre par modélisation du bilan hydrique. Application au complexe de Ferkessédougou. Bouaké, Idessa, Côte d'Ivoire, 83 p.

LANGELLIER P., 1984. L'irrigation de la canne à sucre en Côte d'Ivoire : Synthèse des travaux réalisés en 1974-79 (Ferkessédougou) et 1980-83. Bouaké, Idessa, Côte d'Ivoire, 43 p. et annexes.

MEL K.S., 1991. Etudes pédologiques sur les complexes sucriers Sodésucre : Campagnes 1987-1988 à 1990-1991. Rapport d'activité. Bouaké, Sodésucre-Idessa, Côte d'Ivoire, 34 p.

PENE B.C., 1994. Réponse de la canne à

sucre (*Saccharum officinarum* L.) au rationnement hydrique à différents stades phénologiques pour mieux valoriser l'irrigation. Thèse de doctorat, université d'Abidjan-Cocody, faculté des Sciences et techniques, Côte d'Ivoire, 207 p.

PENE B.C., 1997. Pluviométrie et gestion de l'irrigation comme déterminants des rendements canniens en Côte d'Ivoire. In Communications présentées au Congrès Artas-Afcas, 12-18 octobre 1997, St. Denis de la Réunion, la Réunion. Artas-Afcas, p. 394-413.

PENE B.C., 1999. Gestion de l'irrigation en culture cannière : stratégies pour optimiser l'efficacité d'utilisation de l'eau dans les périmètres sucriers ivoiriens. Thèse de doctorat, université d'Abidjan-Cocody, UFR STRM. Abidjan, Côte d'Ivoire, 256 p.

PENE B.C., CHOPART J.-L., ASSA A., 1997. Gestion de l'irrigation à la parcelle en

culture de canne à sucre (*Saccharum officinarum* L.) sous climat tropical humide, à travers le cas des régions nord et centre de la Côte d'Ivoire. *Sécheresse* 8 (2) : 87-98.

PENE B.C., TUO K., 1996a. Utilisation du diagnostic hydrique pour le pilotage optimal de l'irrigation de la canne à sucre en Côte d'Ivoire. *Sécheresse* 7 (4) : 299-306.

PENE B.C., TUO K., 1996b. Corrélation eau-rendement en culture de canne à sucre : cas du complexe sucrier de Ferké 2 pour deux campagnes agricoles. *Agron. Afr.* 8 (2) : 97-111.

QUIDEAU P., PENE B.C., 1991. Variations de l'efficacité de l'irrigation selon la saison et le stade de développement de la canne à sucre. In Actes de la 1<sup>ère</sup> rencontre internationale en langue française sur la canne à sucre, Montpellier, France, 10-15 juin 1991, p. 169-173. Afcas, Montpellier, France.

## Résumé...Abstract...Resumen

### C. B. PENE — Le diagnostic hydrique en culture cannière et la gestion du risque climatique en Côte d'Ivoire.

Un diagnostic de l'alimentation hydrique de la canne a été établi pour la période de 1991-1992 à 1997-1998, dans les périmètres sucriers de Ferké 2 et de Zuénoula, en Côte d'Ivoire. Cette étude renseigne sur les sols, les climats, les types de culture et les systèmes d'irrigation. Les cannes de « fin de campagne » de coupe se distinguent des cannes de « début » par le fait que la phase de fin de croissance peut être perturbée par un manque d'eau bien avant la maturation : la période de faible pluviométrie de décembre et janvier constitue, en plus de la très exigeante phase de grande croissance, une seconde phase critique vis-à-vis de l'eau. L'indice de satisfaction hydrique pendant les phases critiques est étudié en relation avec le rendement. Outre la procédure habituelle de calcul de l'indice de satisfaction hydrique, la satisfaction relative des besoins en eau de la plante par les pluies est approchée via un indice décrivant une situation de carence des irrigations. L'étude montre une forte dépendance des rendements vis-à-vis de la pluviosité, ce qui tend à prouver que les rendements peuvent être notablement améliorés grâce à une bonne gestion des irrigations en période critique.

Mots-clés : irrigation, *Saccharum*, période critique, bilan hydrique, rendement, risque climatique, Côte d'Ivoire.

### C. B. PENE — Water supply diagnosis in sugarcane crops, and climatic risk management in Côte d'Ivoire.

A water supply diagnosis was established for a sugarcane crop over the period 1991-1992 to 1997-1998, in the sugarcane zones of Ferké 2 and Zuénoula, Côte d'Ivoire. The study provided information on the soils, climate, types of crop and irrigation systems. End-of-season sugarcane differs from start-of-season cane in that the later stages of growth can be disrupted by a lack of water well before ripening: in addition to the very demanding main growth stage, the period of low rainfall in December and January is also a critical phase with respect to water. The degree of satisfaction of water requirements during the critical phases was studied in relation to yield. In addition to the usual calculation of the water requirements satisfaction index, the relative satisfaction of plant requirements by rainfall was estimated using an index describing a situation of insufficient irrigation. The study revealed that yields were highly dependent on rainfall, which suggests that yields could be improved, notably by managing irrigation effectively during the critical period.

Keywords: irrigation, *Saccharum*, critical period, water balance, yield, climatic risk, Côte d'Ivoire.

### C. B. PENE — Diagnóstico hídrico en cultivo de caña y gestión del riesgo climático en Costa de Marfil.

Se estableció un diagnóstico de la alimentación hídrica de la caña para el periodo de 1991-1992 a 1997-1998, en las zonas azucareras de Ferké 2 y de Zuénoula, en Costa de Marfil. Dicho estudio informa sobre los suelos, climas, tipos de cultivo y sistemas de riego. Las cañas del final de la temporada de corte se distinguen de las del principio en que la fase de fin de crecimiento puede verse alterada por una escasez de agua bastante antes de la maduración: el periodo de bajas precipitaciones de diciembre y enero constituye, además de la muy exigente fase de gran crecimiento, una segunda fase crítica con respecto al agua. El índice de satisfacción hídrica durante las fases críticas es estudiado con relación al rendimiento. Además del procedimiento habitual de cálculo del índice de satisfacción hídrica, se efectúa una aproximación a la satisfacción relativa de requerimientos hídricos de la planta por la lluvia mediante un índice que describe una situación de carencia de riegos. El estudio muestra una fuerte dependencia de los rendimientos con respecto a las precipitaciones, lo que consolida la idea de que los rendimientos pueden incrementarse notablemente con una buena gestión del riego en los periodos críticos.

Palabras clave: riego, *Saccharum*, periodo crítico, balance hídrico, rendimiento, riesgo climático, Costa de Marfil.